Aus der Kinderklinik der Universität Erlangen.
Direktor: Geheimrat Professor Dr. Friedrich Jamin.

Das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge in den verschiedenen Altersstufen der Kinder.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Alexander Backens

aus Nürnberg.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. XI. 1940.

1940.
Buchdruckerei Karl Döres, Erlangen, Jägerstraße 3.

1941 № 12

Dekan: Professor Dr. med. Richard Greving.

Referent: Geh. Medizinalrat Professor Dr. med. Friedrich Jamin.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen lieben Eltern
und meinem Onkel Georg Backens
in Dankbarkeit.

Das Zeitmaß der physiologischen Vorgänge in den verschiedenen Altersstufen der Kinder.

Im Vorliegenden soll der Versuch gemacht werden, das Zeitmaß physiologischer Vorgänge in den verschiedenen kindlichen Altersstufen aufzuzeigen und zwar wurde als zu untersuchendes Organsystem der Verdauungstrakt gewählt. Vielleicht ist es möglich, aus der Betrachtung des zeitlichen Raumes, in dem sich die normalen Lebensvorgänge abspielen, wichtige Schlüsse zu ziehen in Hinsicht auf die Veränderungen, die bei pathologischen Verhältnissen auftreten. Meist wird doch irgend ein Krankheitsbild nur nach äußerlichen Gesichtspunkten beschrieben und der morphologischen Erscheinungsform wird eine große Bedeutung zugebilligt, während der veränderte zeitliche Ablauf der körperlichen Funktionen nicht allzusehr beachtet wird. Aber es ist doch sehr leicht möglich, daß gerade im ungestörten Rhythmus irgend eines Vorganges der Grund liegt für das Auftreten einer krankhaften Veränderung der Lebensvorgänge, die dann erst später bildmäßig zu beschreiben und nach Form, Größe und Gewicht zu messen ist. Das Leben wird gekennzeichnet durch seine Dynamik und diese hat ihre eigene Gesetzmäßigkeit bei jedem Lebewesen, sowohl in gesunden als auch in kranken Tagen. Wenn nun hier der kindliche Verdauungstrakt nach obigen Gesichtspunkten betrachtet werden soll, so bieten sich einer zeitlichen Messung am besten seine motorischen Leistungen dar. Als Vergleichszahlen wird man zum besseren Verständnis häufig die Daten der Erwachsenen heranholen müssen. Dabei ist zu beachten, daß ein solcher Vergleich mit Erwachsenenwerten immer nur eine relative Bedeutung haben kann, da der Neugeborene bzw. das Kleinkind in der Erfüllung mancher Aufgaben eine ungleich größere physiologische Leistung aufzubringen hat, denn bei ihm müssen zu den normalen Betriebsvorgängen und Erhaltungsleistungen im Organismus noch die großen Aufgaben des Wachstums und der Differenzierung treten. Es wird so ohne Zweifel der kindliche Organismus vielfach in weit höherem Maße in Anspruch genommen als der des Erwachsenen. Soweit sich schon genauere Angaben über pathologische Verhältnisse

finden ließen, so werden sie hier gebracht, obwohl in erster Linie auf die normalen physiologischen Vorgänge eingegangen werden soll. Von der Untersuchung erfaßt wurden vor allem Kinder, die der Neugeborenenperiode und den einzelnen Abschnitten des frühen Kindesalters angehörten. Der Zusammenstellung der dabei von einer großen Reihe von Autoren ermittelten Werte soll diese Arbeit gewidmet sein.

Zunächst sei näher auf den Ablauf der Funktionen der kindlichen

Speiseröhre

eingegangen. Ueber den Vorgang des Schluckaktes selbst bestehen die verschiedensten Theorien und es ist deshalb nicht immer angängig, die gefundenen Werte miteinander in Vergleich zu setzen, da eben die Voraussetzungen, von denen die einzelnen Untersucher ausgingen, ganz verschiedene waren. Vor allem seien die Ergebnisse von Peiper und Isbert genannt, die ihre Beobachtungen durchwegs an Säuglingen machten. In der Speiseröhre des ruhenden Säuglings waren keinerlei Bewegungen festzustellen. Erst durch Nachahmung der physiologischen Speiseröhrenfüllung mittels luftgefüllter Gummiballons gelang es, das Zeitmaß, in dem sich die gesamten Oesophagusbewegungen abspielen, festzustellen. Es wurden zwei Arten von Bewegungen beobachtet und als Tonusschwankungen bzw. Peristaltik beschrieben. Innerhalb einer Minute konnten 6—10 peristaltische Bewegungen hervorgerufen werden. Leider geben Peiper und Isbert nicht die Ablaufsdauer einer peristaltischen Welle an. Nach einigen Minuten erlosch die Peristaltik jeweils wieder und im Interesse der untersuchten Kinder wurden Versuche, sie durch noch stärkeres Aufblasen der Gummiballons dauernd zu unterhalten, nicht ausgeführt. Auch Weitz und Vollers beobachteten nach Einführung von Gummiballons in den Oesophagus das Auftreten von ziemlich regelmäßigen peristaltischen Wellen. Ihre Frequenz betrug 6—7 in der Minute. Nach diesen Autoren wird aber die festgestellte Peristaltik nicht durch den Reiz der eingeführten Fremdkörper hervorgerufen, sondern sie ist immer vorhanden, um die Speiseröhre rein zu halten. Palugyays Röntgenuntersuchungen widersprechen dem jedoch, denn die Peristaltik dauert nicht einmal dann fortwährend an, wenn sich Nahrung im Oesophagus befindet.

Die Geschwindigkeit einer peristaltischen Welle beträgt nach Peiper 4 cm/sec. Danielopulu, Weitz und Vollers kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Ersterer gibt ebenfalls 4 cm/sec. an, während die beiden letzteren 4,3—4,6 cm als Weg einer peristaltischen Welle in einer Sekunde feststellten. Der Verlauf der

peristaltischen Wellen war immer unabhängig vom Reizauslösungsort, stets pflanzten sie sich von oben nach unten fort.

Zu ganz anderen Ergebnissen kamen Carlson und Luckhardt. Sie beschrieben zwei Formen von Zusammenziehungen der Speiseröhre, nämlich rasche, regelmäßige, von weniger als 2 Sek. Dauer und tonische, ziemlich unregelmäßige, die wenige Sekunden bis zu mehreren Minuten anzielten. Nach beiden Autoren sind diese Formen von Zusammenziehung rein örtlich und haben nichts mit einer wirklichen Peristaltik zu tun. Auch Kronecker und Meltzer, die ihre Untersuchungen an Erwachsenen vornahmen, bestreiten, daß die im Oesophagus auftretenden Bewegungsvorgänge mit echten peristaltischen Wellen identisch seien. Im Gegensatz hierzu beschreiben Schreiber und Kraus eine echte Peristaltik in der Speiseröhre des Erwachsenen.

Es wäre von Interesse, genauere Kenntnis zu haben über die Zeitdauer des Speisentransportes durch den Oesophagus. Leider war es nicht möglich, Angaben über die an Säuglingen und Kindern gemachten Feststellungen zu finden. Es sollen deshalb nur kurz die Verhältnisse beim Erwachsenen dargelegt werden. Nach Kronecker und Meltzer kommt der Transport der Speisen durch den Oesophagus durch eine kurze Spritzbewegung zustande. Demnach würde ein Bissen innerhalb des geringen Zeitraumes von nur 0,1 Sek. bis zur Kardia gespritzt. Schreiber berechnet unter der Voraussetzung des Vorhandenseins echter Peristaltik die Gesamtdauer des Schluckvorganges auf ungefähr 7 Sek., wobei Kraus einen Zeitraum von 0,7—1 Sek. für den buccopharyngealen Schluckakt festlegt, während die Durchwanderung durch den Oesophagus in 5—6 Sek. geschieht.

Da es erwiesen ist, daß die Transportzeit durch die Speiseröhre wesentlich von der Konsistenz der Speisen abhängt und flüssige Nahrungen bedeutend schneller befördert werden, so ist wohl anzunehmen, daß bei der für den Säugling physiologischen Milchnahrung eine verhältnismäßig kurze Verweildauer im Oesophagus in Frage kommt. Im übrigen wird diese Zeit noch von Menge und Temperatur des Geschluckten, von Hunger- und Durstgefühlen und schließlich von der während der Nahrungszufuhr eingenommenen Körperhaltung beeinflußt.

Ueber die Motorik des

Magens

sind von vielen Autoren eingehende Untersuchungen vorgenommen worden. Zunächst bekommt man schon ein Bild über die motorischen Funktionen, wenn man die rein muskuläre Tätigkeit des Magens betrachtet, wie sie sich z. B. in der Peristaltik äußert.

Die ideale Beobachtungsmethode ist das Röntgenverfahren, das jedoch den einen Nachteil hat, daß für diese Art von Untersuchung nur der gefüllte Magen zugänglich ist. Den Amerikanern Ginsburg, Tumpowsky und Carlson gelang es, durch Anwendung einer besonderen Methode auch die Tätigkeit des leeren Magens zu erforschen. Sie führten in den Verdauungstrakt von Säuglingen — Magen- und Darmkanal — mittels Sonden luftgefüllte Gummiballons ein, die mit einer Schreibkapsel in Verbindung standen und erzielten dann auf einem Kymographion die Aufzeichnungen der einzelnen Druckschwankungen. Die verschiedenen Bewegungsarten konnten in ihren zeitlichen Abläufen ziemlich genau gemessen werden. Es ergab sich, daß sich auch im kindlichen Magen wie in dem des Erwachsenen ständig Bewegungsvorgänge abspielen, die, unabhängig von dem Füllungszustand des Magens, nur kurzen Zeiten von verhältnismäßiger Ruhe wichen. Da auch hier — ähnlich wie bei der Oesophagustätigkeit — bei den verschiedenen Autoren keine volle Einmütigkeit über die Charakterisierung der festgestellten Bewegungsvorgänge herrscht, ist ein Vergleich der erzielten Ergebnisse wegen der Verschiedenheit in den Voraussetzungen nicht ohne weiteres möglich. Manche Autoren sprechen von einer echten Peristaltik der Magenmuskulatur, während die anderen die beobachtete Motorik nur als Tonusschwankung aufgefaßt wissen wollen. Nach Carlson, Ginsburg und Tumpowsky zeigt der Magen des gesunden Säuglings nach Ablauf von einer Stunde post coenam schwache Tonusschwankungen der Muskulatur. Wenn der Inhalt weiter befördert wird, so wachsen diese allmählich an Häufigkeit und Stärke. Nach $2\,^1/_2$—3 Stunden wandeln sich diese Tonusschwankungen in kräftige „Hungerkontraktionen“ um. Auf Nahrungszufuhr verschwinden sie dann wieder. Diese Kontraktionen sollen angeblich das Hungergefühl hervorrufen. Es besteht nun keine Klarheit darüber, ob diese Kontraktionen als richtige peristaltische Wellen oder als Tonusschwankungen aufzufassen sind.

Den deutschen Forschern Peiper und Isbert gelang es unter Anwendung der Carlsonschen Untersuchungsmethode, zwei voneinander verschiedene und unabhängige Bewegungsarten aufzuzeichnen und sowohl räumlich wie zeitlich zu messen. Demnach mögen als peristaltische Wellen nur diejenigen Kontraktionen der Magenmuskulatur angesprochen werden, die stets in Richtung auf den Pylorus hin verlaufen und also niemals an allen Stellen des Magens gleichzeitig oder mit gleicher Stärke auftreten können. Ein Charakteristikum dieser peristaltischen Wellen ist noch, daß sie am kräftigsten in der Gegend des Pylorus auftreten, während sie sich am Fundus wesentlich schlechter nachweisen lassen.

Die Tonusschwankungen aber kommen im Gegensatz dazu durch gleichzeitige Zusammenziehungen und darauffolgende Ausdehnungen der gesamten Magenwand zustande.

Die Untersuchungen Peipers und Isberts erstreckten sich nur auf gesunde oder wenigstens nahezu gesundete Kinder, und zwar vornehmlich auf solche im Säuglingsalter. Auf ihren Kurvenbildern finden sich nun starke, rasch vorübergehende Erhebungen mit steilem Ansteigen der Wellen und noch steilerem Abfallen derselben. Diese sprechen sie als echte Peristaltik an und stellen sie mit den von den amerikanischen Autoren angegebenen Hungerkontraktionen auf die gleiche Stufe. Es zeigte sich nämlich, daß diese Peristaltik am stärksten auftrat, wenn die Nahrungsaufnahme einige Stunden zurücklag. Als zweite Bewegungsart ergaben sich die Tonusschwankungen, die deutlich von den peristaltischen Wellen durch die kleinere Wellenform, den gleichmäßigeren Verlauf und vor allem durch die Erscheinungsdauer der einzelnen Wellen zu unterscheiden waren.

Die Dauer einer peristaltischen Welle betrug bei allen untersuchten Säuglingen zwischen 10—30 Sek. bei einem Mittelwert von ungefähr 20 Sek., wobei unter Ablaufsdauer die Zeit verstanden sein soll, die eine Welle braucht, um nach ihrem ersten Sichtbarwerden bis zum Pylorus zu gelangen. Von dieser Ablaufsdauer ist zu trennen die Frequenz der Wellen, d. h. der zeitliche Abstand zwischen dem Auftreten der ersten und zweiten Welle. Auch hier ergibt sich beim Säugling ein Durchschnittszeitmaß von 20 Sek. Bei der Tätigkeit des leeren Magens von Erwachsenen beobachteten Weitz und Vollers ganz ähnliche zeitliche Verhältnisse. Nach Einführung von Gummiballonsonden traten deutlich wahrnehmbare peristaltische Bewegungen auf, und zwar erschienen innerhalb 10 Minuten 20—40 Wellen. Hieraus berechnet sich als zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Wellen ebenfalls ein Durchschnittswert von 20 Sek.

Die Ablaufsdauer der Tonusschwankungen war nach den Messungen von Peiper und Isbert gegenüber der der peristaltischen Wellen deutlich verlängert und betrug beim Säugling eine bis mehrere Minuten. Bei Erwachsenen zeigten sich nach den Angaben von Weitz und Vollers langsame Tonusschwankungen von 5—20 Min. Dauer und schnellere, in der Form kurzer Erhebungen von $^1/_2$—2 Min. Im allgemeinen folgte im Säuglingsmagen eine Tonusschwankung der anderen, doch traten auch manchmal Ruhepausen dazwischen auf, sodaß sich keine Regelmäßigkeit in den zeitlichen Intervallen feststellen ließ. Als längste beim Säugling beobachtete Ruhepause wird von Peiper und Isbert eine solche von etwa 12 Min. angegeben.

Von verschiedenen Forschern wurden nun auch Untersuchungen der Motorik des gefüllten Magens durchgeführt und zwar mit Hilfe des Röntgenverfahrens. Es ergaben sich drei Bewegungsarten, nämlich die Peristole, die Peristaltik und der eigentliche Entleerungsmechanismus, der abhängig ist von Peristole, Peristaltik und ganz besonders von der Tätigkeit des Pylorus. Die Peristole entspricht dem Tonus der Magenmuskulatur, denn die Magenwand setzt der dehnenden Wirkung der Füllung einen Widerstand entgegen. Leider waren im Schrifttum keine Ergebnisse zeitlicher Messung der muskulären Bewegung des gefüllten kindlichen Magens zu finden. Es ergaben sich lediglich Hinweise, wie z. B., daß bei flüssiger Nahrung, wie sie für Säuglinge des ersten Halbjahres physiologisch ist, die Peristole weniger in Erscheinung tritt. Mit zunehmender Konsistenz der Nahrung tritt sowohl Peristole als auch Peristaltik stärker in Erscheinung und läßt sich dann bei Uebergang von flüssiger zu breiiger Kost im zweiten Halbjahr gut verfolgen. Es können also hier nur die Ergebnisse der zeitlichen Messung am gefüllten Magen des Erwachsenen gebracht werden. Zu finden waren sowohl die echten peristaltischen Wellen als auch die Tonusschwankungen. Als Ablaufsdauer einer peristaltischen Welle gibt Dietlen den Durchschnittswert von 20 Sek. an. Das würde den Angaben Peipers und Isberts über die Peristaltik des allerdings leeren kindlichen Magens entsprechen. Zwar wollen Schicker Zeiten von 40 Sek. und Aßmann solche von 40—80 Sek. gefunden haben, doch ist dies wahrscheinlich auf pathologische Verhältnisse zurückzuführen, nachdem wenigstens Aßmann Fälle von Pylorusstenose und Ulcus duodeni aus seinen Untersuchungen nicht ausschloß. Als zeitliches Intervall zwischen den einzelnen peristaltischen Wellen ermittelte Dietlen 18—21 Sek., Kaestle 22 Sek., Kaufmann und Kienböck 20 Sek. und Fraenkel ebenfalls 20 Sek. Es ergibt sich demnach ein Mittelwert von 21 Sek. Auch hier besteht also eine weitgehende Uebereinstimmung mit den am leeren Säuglingsmagen gefundenen Werten. Wenn vereinzelt bei Erwachsenen zeitliche Zwischenräume in der Peristaltik von 12—26 Sek. angegeben werden, so sind dies sicherlich krankhafte Fälle, denn Schicker fand z. B. bei Hyperacidität Intervalle von 21—30 Sek., im Durchschnitt 22,5 Sek., und bei Achylie solche von 13—22 Sek. mit einem Durchschnitt von 18,5 Sek.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß natürlich die verschiedensten Einflüsse auf die zeitlichen Abläufe der Magenbewegungen einzuwirken vermögen. Vor allem sind psychische Momente zu berücksichtigen, die die Funktionen des Magens sowohl fördern als auch hemmen können. Weiterhin sind auch ther-

mische Einflüsse zu erwähnen in dem Sinn, daß Kälte hemmt und Wärme fördert. Zu einem gewissen Teil spielen auch bestimmte Altersgegebenheiten eine Rolle, denn wie Vogt und Hess berichten, sind die peristaltischen Vorgänge beim Neugeborenen wesentlich lebhafter als beim älteren Säugling. Pathologische Zustände, wie z. B. Pylorospasmus, weisen einen eigenen Rhythmus der Magenbewegungen auf. Im allgemeinen ist hier die Peristaltik deutlich beschleunigt und verstärkt. Wie schon erwähnt, gibt es im kindlichen Magen auch Zeiten vollständiger Ruhe, dabei ist es jedoch noch nicht entschieden, ob dies auf reflektorische und psychische Hemmungen oder auf Ermüdungs- und Erschlaffungserscheinungen zurückzuführen ist.

Zusammenfassend sei festgestellt, daß sich im zeitlichen Ablauf der muskulären Magenbewegungen des Kindes und des Erwachsenen keine nennenswerten Unterschiede finden ließen.

Der sicherste Maßstab für die Größe der Aufgabe, die an den Magen gestellt wird, ist die Zeit, die er zu ihrer Bewältigung benötigt. Hieraus lassen sich unzweifelhaft Schlüsse ziehen, ob und wie der Magen seiner Aufgabe gerecht wird. So wurden denn von einer Reihe von Forschern Untersuchungen angestellt über die Verweildauer verschiedener Nahrungen im Magen des Kindes. Die Kenntnis dieser Verweilzeiten bietet natürlich manch wertvollen Hinweis, wie die normale physiologische Kindernahrung zusammengesetzt sein soll und wie am besten ihre Zubereitung geschieht. Die Differenzen in den gefundenen Werten mögen sich zum Teil erklären lassen aus der Art der benützten Untersuchungsmethode, denn es ist z. B. fraglich, ob die Ausheberungsmethode in der Lage ist, die vollkommene Entleerung des Magens mit derselben Genauigkeit anzugeben, wie dies das Röntgenverfahren vermag. Auch ist es sicherlich von Bedeutung für eine genaue zeitliche Messung, ob der Beginn des Stillens als Anfang der Entleerung angesehen oder ob die Stillzeit aus der Dauer der Entleerungszeit ausgeschlossen wird. Beim Säugling ist nämlich im Gegensatz zum Erwachsenen der Abschluß des Magens vom Darmkanal durch den Pylorus nicht so streng und deshalb tritt fast gleichzeitig mit dem Trinken ein Teil der Milch in das Duodenum über. Dies wird durch die röntgenologische Beobachtung Majors bewiesen, daß 10—20 Min. nach einer Milchmahlzeit schon deutlich große Schatten im Duodenum zu bemerken waren.

Hervorstechend war bei fast allen Untersuchungen an Säuglingen die Tatsache, daß die Entleerungsdauer bei Frauenmilchernährung wesentlich abgekürzt war gegenüber der bei künstlicher Ernährung. Dies spricht untrüglich für die bessere Verdaulichkeit der Frauenmilch und somit für ihre Ueberlegenheit anderen

Nahrungen gegenüber. Die Mutter- bzw. Ammenmilch ist die normale physiologische Kost für den Säugling. Zunächst seien also die Zeiten der Magenentleerung bei Frauenmilchernährung angegeben. Beim Neugeborenen im Alter von 3—15 Tagen fand Theile eine Verweildauer von 2—3 Stunden. Bei den Säuglingen jenseits der Neugeborenenperiode gehen die von den verschiedenen Untersuchern angeführten Zeiten weit auseinander und lassen so eine Schwankungsbreite von 1—5 Stunden erkennen. Pieseck und Ewald beobachteten eine Magenentleerungszeit von nur 1 Stunde. Bei Gundobin finden wir 1—1 1/2 Stunden, bei Leven und Barret 1—2 Std., bei Major 1 1/2—2 Std., bei Langstein und Meyer 1 1/2—2 1/2 Std. als Verweildauer angegeben. Czerny und Keller betonen mit Nachdruck, daß ein Zeitraum von höchstens 2 Std. zur Entleerung vollkommen ausreicht, während Flesch und Péteri mittlere Entleerungszeiten von 2 1/2 Std., Bessau, Rosenbaum, Leichtentritt und Behrend ebenfalls solche von 2 1/2 Std. feststellten. Als Minimum fanden die letzteren 1 Stunde 50 Min., als Maximum 3 Stunden 50 Min. Zu noch höheren Durchschnittswerten kamen Theile mit 2—3 Std., Rach mit 2 1/2—3 Std., Krüger mit 2 1/2—3 1/2 Std., Alwens und Husler mit 3 Std. und Izumita mit ebenfalls 3 Std. bei extremen Grenzwerten von 2 Std. bzw. 4 1/2 Std. Tobler und Bogen berichten über eine Variationsbreite von 2—4 Std. und Kahn sogar über eine solche von 4—5 Std. Diese zum Teil recht unterschiedlichen Werte verbieten es, aus den gefundenen Zeiten einfach einen Mittelwert zu errechnen. Man wird aber wohl behaupten können, daß spätestens nach der 3. Stunde in den allermeisten Fällen der Magen entleert sein wird. Nach Ansicht von Czerny und Keller darf der Magen nach längstens 2 Stunden keine Reste mehr enthalten. Sie sprechen sogar von einer ganz strengen Gesetzmäßigkeit in der Entleerungszeit und nehmen bei einer Verweildauer, die über 2 Stunden liegt, unbedingt pathologische Verhältnisse an. Uebereinstimmend wird von vielen Untersuchern darauf hingewiesen, daß im Säuglingsmagen nur dann normale Motilitätsverhältnisse herrschen, wenn zwischen den einzelnen Mahlzeiten wenigstens 3 Std. Pause liegen. Gibt man einem Säugling in stündlichen Intervallen 3 mal die Brust, so finden sich 2 Std. nach der 3. Mahlzeit noch erhebliche Milchmengen im Magen. Wenn man nun auch kein Optimum für die Magenentleerung festlegen kann, so ist doch sicher eine Verweildauer unphysiologisch, die so stark verzögert ist, daß zwischen den Mahlzeiten keine Leerstellung erfolgt. Demnach ist es also unbedingt notwendig, zwischen den einzelnen Nahrungsaufnahmen des Säuglings eine genügend lange Pause einzuschalten, um, wie Bessau

angibt, eine physiologische Kolifreiheit herbeizuführen und pathologische Gärung zu verhindern. Es sei noch erwähnt, daß Theile auch bei Frühgeborenen, die Frauenmilch per Sonde erhielten, eine durchschnittliche Magenverweildauer von 2—3 Std. feststellte. Sogar bei kränklichen Brustkindern will Krüger keine wesentlich verlängerten Zeiten gefunden haben. Uffenheimer aber glaubt, daß bei kranken, schwachen und frühgeborenen Kindern eine merkliche Verzögerung vorkommt. Bei Hypotonikern soll eine Verweildauer von über 7 Std. gar nicht selten sein. Im übrigen ist festzustellen, daß die Art und Weise, wie die Ernährung mit Muttermilch vor sich geht, ohne sonderlichen Einfluß auf die Verweildauer im Magen ist. Es ergaben sich nämlich gleiche Zeiträume für die Entleerung, gleich ob der Säugling an der Brust der Mutter trank oder ob ihm abgespritzte Frauenmilch durch die Flasche zugeführt wurde. Lediglich Hess beobachtete eine kleine Verkürzung beim Anlegen der Säuglinge an die Brust.

Zwar behaupten Leven und Barret, daß die Entleerungsdauer für die verschiedenen Milchgemische die gleiche sei wie für Frauenmilch, doch finden sich bei allen übrigen Autoren deutlich verlängerte Zeiten je nach der Art der verfütterten Milch. Es zeigte sich bei allen gesunden, mit Kuhmilch genährten Kindern oder — was noch instruktiver erscheint — bei Brustkindern, denen einmal statt der Brustnahrung eine der Menge nach gleiche und ihrer quantitativen Zusammensetzung nach ähnlich gemachte Kuhmilchmahlzeit verabfolgt wurde, eine wesentlich verlängerte Verweildauer im Magen. Czerny und Keller geben, wie schon bei der Brustnahrung, auch bei der Kuhmilchverfütterung die kürzesten Entleerungszeiten von allen Autoren an. Nach ihrer Ansicht muß eine physiologische Entleerung spätestens 3 Std. post coenam eingetreten sein. Izumita nennt als Minimum $2\,^1/_2$ Std., als Maximum $5\,^1/_4$ Std., im Durchschnitt betrug die Verweildauer $3\,^3/_4$ Std. Bei Bessau, Rosenbaum und Leichtentritt findet sich als mittlere Entleerungszeit ein Zeitraum von $3\,^1/_2$ Std. mit Grenzwerten von $2\,^1/_2$—$4\,^1/_4$ Std. Theile und Krüger berichten über Durchschnittszeiten von 3—4 Std. bzw. 4 Std. Nach Irene Buchheim beginnt die Entleerung bei Kuhmilchverfütterung erst nach $2\,^1/_2$ Std. und ist nach 5 Std. spätestens erledigt. Die gewöhnliche Verzögerung der Kuhmilchentleerung gegenüber der von Frauenmilch berechnet Theile auf 23%.

Halbmilchernährung der Säuglinge bewirkt nach Theile Entleerungszeiten von $3\,^1/_2$—$4\,^1/_2$ Std. Demnach würde hier eine annähernd gleiche Verzögerung wie bei der Kuhvollmilchverfütterung eintreten. Doch Izumita stellt die $^1/_2$ und $^2/_3$ Milch

hinsichtlich ihrer Verweildauer zwischen Frauenmilch und Kuhmilch, denn er fand z. B. für $^1/_2$ Milch einen Mittelwert von 3 Std. (Minimum $2\,^1/_2$ Std., Maximum 4 Std.). $^2/_3$ Milch wurde von den durch Izumita untersuchten japanischen Säuglingen in ungefähr 3 Std. aus dem Magen entleert, 2 bzw. $4\,^1/_2$ Std. waren äußerste Grenzen. Krüger untersuchte dann noch die Aufenthaltsdauer von Buttermilch, Magermilch und Eiweißmilch im kindlichen Magen. Für die beiden ersten Milcharten ergaben sich Zeiten von 2—4 Std. bzw. 3—$3\,^1/_2$ Std., für die letztere eine Verweildauer von $2\,^1/_2$—4 Std. Eine konstante Verlängerung um $^1/_2$ Std. gegenüber Kuhvollmilch wurde von Izumita nach Ernährung mit $^1/_2$ Galaktosan-(Larosan-)Milch beobachtet. Es ließ sich ein Durchschnittszeitmaß von $4\,^1/_2$ Std. feststellen mit extremen Grenzen von $2\,^3/_4$—5 Std. $^1/_2$ Milchsäuremilch (nach Mariott) zeigt eine mittlere Magenverweildauer von $4\,^1/_2$ Std. (Minimum $3\,^1/_4$ Std., Maximum $5\,^1/_4$ Std.). Verschiedentlich finden sich in der Literatur noch weitere Hinweise über verzögernde Einwirkung der künstlichen Ernährung auf die Aufenthaltsdauer im Säuglingsmagen, doch fehlen die genaueren Angaben darüber, was unter künstlicher Ernährung verstanden wird. So berichtet Vogt über eine Entleerungszeit von 3—4 Std. beim Neugeborenen. Beim Säugling dauert nach von Jaschkes Angaben die Entleerung 3 bis 4 Std., nach Kerley 4 Std., nach Alwens 5 Std. und nach Krüger bis $5\,^1/_2$ Std. Ladd teilt sogar mit, daß unter Umständen eine Verzögerung der Entleerungszeit bei künstlicher Ernährung bis zu 8 Std. eintreten kann. Wie bei den Brustkindern, so ergibt sich auch bei den künstlich ernährten Säuglingen die Notwendigkeit, zwischen den Mahlzeiten eine entsprechende Pause einzuschalten, um den Magen zur vollständigen Entleerung kommen zu lassen. In diesem Fall ist ein zeitliches Intervall von 4 Std. ausreichend.

Demuth weist nun darauf hin, daß die Aufstellung eines absoluten Wertes der Entleerungszeit weder für den Vergleich mit der Entleerungszeit einer anderen Versuchsperson und noch weniger für den Vergleich mit der Entleerungszeit verschiedener Nahrungen untereinander berechtigt sei, da der gesunde Säugling eine individuell ausgeprägte Entleerungszeit habe und sich so eine beträchtliche Schwankungsbreite ergebe. Diese großen individuellen Unterschiede bei gesunden Säuglingen wurden von fast allen Untersuchern bemerkt. Demuth schlägt nun die Einführung einer Vergleichszahl vor, für die als Grundzahl die Entleerungszeit der Frauenmilch gewählt werden muß. Er kommt so zu folgendem Ergebnis:

Verhältniszahl (Nahrung: Frauenmilch) der Entleerung des Mageninhalts beim gesunden Säugling:

Vollmilch / Frauenmilch	1,20	Vollmilch braucht also längere Zeit zur Entleerung als Frauenmilch.
$^2/_3$ Milch / Frauenmilch	1,03	Annähernd gleiche Entleerungszeiten wie Frauenmilch.
$^1/_2$ Milch / Frauenmilch	0,97	Annähernd gleiche Entleerungszeiten wie Frauenmilch.

Es erhebt sich nun die Frage, worauf die Differenzen in den Entleerungszeiten bei Verschiedenheit der verfütterten Milch zurückzuführen ist. Vor allem sind hiefür chemische Momente verantwortlich zu machen. Aus den Demuthschen Untersuchungen ergab sich, daß dem Molkeneiweiß eine gering verzögernde Wirkung zukommt, eine stärker hemmende Wirkung dem Fett und ganz besonders dem Casein, während Zucker ohne jeglichen Einfluß ist. Der hemmende Faktor bei der Kuhvollmilch ist allein das Eiweiß, denn sie enthält davon dreimal soviel wie die Frauenmilch. Eiweiß ist aber der stärkste Saftlocker und verlangsamt mit zunehmender Magensaftsekretion weitgehend die Entleerung. Der hemmende Einfluß des Eiweißes geht daraus hervor, daß eiweißreduzierte Kuhmilch eine Verkürzung von 21,9%, molkenreduzierte Kuhmilch von 18,8% und eiweiß- und molkenreduzierte Kuhmilch eine solche von 12,5% ergibt. Gegenübergestellt ist in allen Fällen die Verweildauer von originärer Kuhvollmilch. Im übrigen wirkt Abzugssummation (eiweiß- und molkenreduzierte Kuhmilch) auf die Beschleunigung abschwächend. Tryptische Vorverdauung der verfütterten Milch bewirkt eine nur ganz geringe Beschleunigung, die peptische Vorverdauung jedoch schaltet den die Magenentleerung verlängernden Einfluß des Kuhmilcheiweißes vollkommen aus. Es tritt dann eine konstante Verkürzung um 25% gegenüber nicht vorbehandelter Kuhmilch ein, so daß die Verweildauer meist ein wenig kürzer, fast niemals länger als bei Frauenmilch ist. Vielleicht läßt sich daraus schließen, daß die peptischen Funktionen des Säuglingsmagens noch nicht ganz ausgebildet sind. Bei sehr reichem Fettgehalt kann nach Ladd eine Entleerung erst nach sehr langer Zeit, bis zu 8 Std., stattfinden. Zwischen Frauenmilch- und Kuhmilchfett soll angeblich kein besonderer Unterschied bestehen. Wenn Mutter- oder Ammenmilch besonders viel Fett enthält, kann eine längere Verweildauer eintreten, als bei Kuhvollmilch von normalem Fettgehalt. Eine Zerstörung der Frauenmilchlipase durch Kochen führt nach Pfaundler und Schloß-

mann zu einer wesentlichen Verzögerung in der Magenentleerung. Wenn bisher von chemischen Einflüssen auf die Magenentleerungszeit gesprochen wurde, so lagen alle diese Momente in der Art und Zusammensetzung der jeweils verfütterten Nahrung. Es sind jedoch nicht nur die chemischen Verhältnisse in der Nahrung, sondern auch genau so die im Säuglingsmagen selbst in Betracht zu ziehen. Theile konnte feststellen, daß die gewöhnliche Verzögerung in der Entleerung bei künstlichen Nahrungsgemischen dann ausblieb, wenn man mit Hilfe von sauren bzw. alkalischen Regulatoren von vorneherein diejenige Aziditätsstufe im Magen herstellte, die erst auf der Höhe der Verdauung aufgetreten wäre. Untersucht wurden Säuglinge im Alter von $2\,^1/_2$—5 Monaten. Als Versuchsnahrung wurden 150 ccm Halbmilch mit Zusatz von 3% Gerstenschleim und 5% Rohrzucker gegeben. Bei einer gewöhnlichen Azidität von P_H 6,2—6,57 betrug die Verweildauer obiger Normalmahlzeit im Durchschnitt 3,6 Std. Nach einer sauren Mahlzeit — P_H 4,57—4,76 — war die mittlere Entleerungszeit 3,8 Std. und bei der durch ein Phosphatgemisch alkalisch gemachten und fixierten Versuchsnahrung — P_H 8,95—10,49 — ergab sich ein Zeitraum von 3 Std. für vollständige Entleerung mit einer fast regelmäßigen Verkürzung um $^3/_4$ Std. gegenüber der gewöhnlichen Mahlzeit. Außer diesen chemischen Momenten sind noch eine große Reihe von anderen Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Es ist ziemlich sicher, daß die Entleerung weitgehend von psychischen Momenten beeinflußt wird. Psychische Affekte können sowohl fördern als auch hemmen. Haudek und Stigler untersuchten die Einwirkungen von Appetit und Ekel auf die Magenverweildauer der Probemahlzeiten. Bei Sättigungsgefühl betrug die Entleerungszeit immer $5\,^1/_2$—6 Std., bei Hungergefühl (Appetit) 3 bis 4 Std. Allerdings ist zu bemerken, daß diese Beobachtungen an Erwachsenen gemacht wurden, während eine größere Einwirkung von psychischen Affekten auf Säuglinge bzw. Kleinkinder zum Teil bestritten wird. Von einer gewissen Bedeutung für die Zeitdauer der Entleerung ist auch die Körperlage und die Ruhe bzw. Unruhe der Versuchsperson. Bei Lagewechsel der Kinder auf die rechte Seite wurde immer eine deutlich verkürzte Entleerungszeit hervorgerufen. In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, daß die Verschiedenheit der Ergebnisse der einzelnen Untersucher zum Teil auch auf diesen Einfluß der Ruhe bzw. Unruhe des kindlichen Körpers während der Untersuchung zurückgeführt werden kann. Es ist eben leicht verständlich, daß die teilweise recht schwierigen Untersuchungen zu einer beträchtlichen Unruhe und lebhaften Abwehrbewegungen der Säuglinge

führten. Dies geht daraus hervor, daß verschiedentlich schwache Schlafmittel vor dem Versuch gegeben wurden. Den Einfluß der Körperlage auf die Entleerungszeit stellten Markowíc und Perussia auch an Erwachsenen fest. Bei Rechtslage betrug die Verweildauer der Versuchsnahrung $2\,^1/_2$—$4\,^1/_4$ Std., bei Linkslage aber 5—8 Std. Daß die Art, d. h. die Konsistenz der Nahrung die Verweildauer im Magen beträchtlich beeinflußt, ist wohl selbstverständlich. Flüssigkeiten verlassen den Magen verhältnismäßig schnell, dagegen bleiben breiförmige Nahrungen längere Zeit zurück. Nach Krüger beträgt das Minimum bei Vollmilchbrei $4\,^1/_2$ Std., während er für Vollmilch ein solches von 4 Std. angibt.. Bei Halbmilchbreiverfütterung ist die Entleerung erst nach 4 Std. eingetreten, während für Halbmilch 4 Std. Verweildauer eine maximale Grenze bedeutet. Besonders rasch passiert im allgemeinen verdünnte Milch. Getränke von Körpertemperatur haben eine verhältnismäßig kurze Entleerungszeit, sehr kalte und sehr heiße Flüssigkeiten wirken verzögernd. Grävenich billigt beim Säugling auch der Menge der geschluckten Luft einen Einfluß auf die Magenverweildauer der Milch zu. Es ist wahrscheinlich, daß manche Differenzen in den Ergebnissen auch auf die Einwirkung des benützten Kontrastmittels zurückzuführen sind. Verwendung von Barium ergab bei allen Untersuchern eine sichtbare Verkürzung gegenüber der Benützung von Wismut. Auf jeden Fall ist die Menge der aufgenommenen Nahrung zu berücksichtigen. Es liegen allerdings auch hier einander widersprechende Ansichten der einzelnen Autoren vor. Czerny und Keller behaupten, daß sowohl beim Brustkind als auch bei dem mit Kuhmilch aufgezogenen Säugling die Entleerungszeit wesentlich verkürzt wird, wenn verhältnismäßig geringe Nahrungsmengen aufgenommen werden. Im Gegensatz dazu wird nach Theile bei kleinen Nahrungsquantitäten verhältnismäßig längere Zeit zur Entleerung gebraucht. Aehnliche Anschauungen haben Penzoldt, Rieder und Pawlow. Tobler und Bogen stellten fest, daß die Verdopplung der Milchmenge die Verdauungszeit stets nur um einen Bruchteil der für das Ausgangsquantum nötigen Zeit verlängert. Bei Bessau, Rosenbaum und Leichtentritt ist zu finden, daß bei kleinen unter dem Nahrungsbedürfnis bleibenden Mengen kein Unterschied in den Entleerungszeiten sei trotz verschieden zusammengesetzter Gemische. Erst bei Befriedigung des quantitativen Nahrungsbedürfnisses und mehr noch von einer den Magendarmkanal in genügender Weise belastenden Menge ab zeigen sich die Unterschiede bezüglich der Verweildauer in Abhängigkeit von der Qualität der Versuchsnahrung. Dies geht auch aus der Beobachtung Theiles hervor, daß die Entleerung anfangs rasch

vor sich geht, sich jedoch gegen Ende der Entleerung merklich verlangsamt, sodaß dann längere Zeit die gleichen geringen Reste zurückbleiben. Wahrscheinlich sind diese Rückstände mengenmäßig zu gering, um einen genügend starken Reiz auf die weitere Magentätigkeit auszuüben.

Es soll nun noch etwas ausführlicher auf die Frage eingegangen werden, ob hinsichtlich der Magenentleerungszeit bestimmte Altersgegebenheiten bestehen. Eingangs wurde bereits darauf hingewiesen, daß bei den meisten Untersuchungen Kinder des Neugeborenen- bzw. des Säuglingsalters erfaßt wurden. Dies ist bedauerlich, weil man nun keine Kenntnis darüber hat, in welchen Bahnen sich der Funktionsablauf gerade in den so überaus wichtigen Jahren der Entwicklung, des Heranwachsens und Reifens bewegt. Eines war jedenfalls festzustellen, daß sich innerhalb des eigentlichen Säuglingsalters keine bestimmten Beziehungen zwischen den Lebensmonaten und der Entleerungszeit des Magens finden ließen. Izumita untersuchte eine große Anzahl von gesunden japanischen Säuglingen. Die erfaßten Kinder gehörten zum Teil der Neugeborenenzeit und zum Teil dem späteren Säuglingsalter an. Auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse Izumitas soll nun hier eine Uebersicht gegeben werden über die durchschnittliche Entleerungszeit bei Verfütterung von verschiedenen Milcharten; es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Berechnung der mittleren Entleerungszeit in manchen Altersstufen aus den Ergebnissen von nur zwei Fällen und manchmal aber aus den ermittelten Werten von 5—10 Fällen erfolgte.

Entleerungszeit in Minuten.

(Die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der untersuchten Fälle an.)

Alter in Monaten	Frauenmilch	Vollmilch m. 5% Rohrzucker	2/3 Milch m. 5% Rohrzucker	1/2 Milch m. 5% Rohrzucker	1/2 Galaktosanmilch mit 2% Nährzucker	1/2 Milchsäuremilch m. 3% NZ.
1	182 (6)	200 (4)	110 (1)	179 (9)	166 (1)	203 (1)
2	196 (2)	225 (2)	—	205 (2)	306 (1)	310 (1)
3	237 (1)	316 (1)	240 (1)	212 (1)	227 (1)	—
4	172 (10)	215 (10)	275 (2)	203 (7)	252 (2)	305 (1)
6	205 (3)	252 (4)	174 (2)	140 (2)	240 (2)	213 (2)
7	198 (6)	225 (8)	200 (6)	192 (4)	246 (3)	238 (3)
8	172 (3)	270 (4)	189 (2)	157 (2)	235 (1)	238 (1)
9	242 (2)	290 (2)	228 (1)	202 (1)	—	—
10	206 (2)	225 (2)	156 (2)	145 (1)	215 (1)	238 (2)

Hieraus läßt sich keinerlei Gesetzmäßigkeit feststellen in dem Sinn, daß zunehmendes Alter die Entleerungszeit verkürzt oder verlängert, gleichgültig, welche Milchart verfüttert wurde. Izumita selbst stellte sich dann noch eine Tabelle zusammen, die die Entleerungszeit in Minuten angibt, und zwar jeweils gesondert in den einzelnen Quartalen des 1. Lebensjahres.

Quartal	1.	2.	3.	4.
Frauenmilch	187	188	188	239
Vollmilch	222	227	227	256
$^2/_3$ Milch	175	213	197	214
$^1/_2$ Milch	160	186	181	175
Galaktosanmilch	233	242	243	215
$^1/_2$ Milchsäuremilch	256	245	238	240

In die Demuthschen Verhältniszahlen umgerechnet bekommt Izumita folgendes Ergebnis:

Alter in Quartalen	Vollmilch / Frauenmilch	$^2/_3$ Milch / Frauenmilch	$^1/_2$ Milch / Frauenmilch	Galaktosanmilch / Frauenmilch	Milchsäuremilch / Frauenmilch
1.	1,18	0,93	0,85	1,24	1,36
2.	1,19	1,13	0,98	1,33	1,19
3.	1,20	1,04	0,95	1,29	1,29
4.	1,07	0,89	0,77	0,89	1,00

Es läßt sich also auch hieraus kein Schluß ziehen auf einen Zusammenhang zwischen Lebensalter und Entleerungszeit. Auffallend sind die niedrigen Zahlen bei $^1/_2$ Milch, die unterhalb der Frauenmilchwerte liegen. Nach Izumita war die Entleerungszeit der Halbmilch in der Hälfte der Fälle zwar kürzer als die der Frauenmilch, als Ganzes aber betrachtet doch annähernd gleich. Im Gegensatz zu Izumita bejaht Demuth den Einfluß des Alters auf die Entleerungszeit. Er behauptet, daß die Verweildauer aller Milcharten mit dem Alter zwar ganz wenig, aber doch immerhin bemerkbar, abnehme. Dabei beobachtete er eine Besonderheit. Mit steigendem Alter nimmt die Bedeutung des Caseins ab und die des Fettes zu. Demnach entfaltet das Fett beim jungen Säugling eine schwächer, beim älteren eine stärker hemmende Wirkung als Eiweiß. Am Ende des Säuglingsalters verschieben sich die ganzen Verhältnisse sichtlich in der Richtung, wie sie beim Erwachsenen liegen. Trotzdem ist auch bei dem Säugling an der

Grenze zum Kleinkindesalter nach Ansicht Demuths die Bedeutung des Caseins noch vorherrschend. Zur Veranschaulichung diene eine von Demuth nach Verhältniszahlen aufgestellte Tabelle:

	I. Halbjahr	II. Halbjahr
Viertelcaseinmilch	0,99	0,94
„ + Milchzucker	1,04	1,03
„ + Trockenmolke	1,15	1,14
„ + Butter	1,16	1,22
Vollmilch	1,18	1,02
Vollcaseinmilch	1,38	1,30

Demnach steigen die Verhältniszahlen bei Fettzusatz mit dem Alter von 1,16 auf 1,22 im 2. Lebenshalbjahr, sie sind aber auch dann immer noch niedriger als bei Vollcaseinmilch, bei der sie von 1,38 auf 1,30 fallen. Auch weitere Aufstellungen Demuths zeigen eine gewisse Gesetzmäßigkeit im Verhältnis zwischen Alter und Magenentleerungszeit. Fortschreitend mit den zunehmenden Lebensmonaten tritt eine Verkürzung in der Entleerungszeit auf:

Alter in Monaten. — Zeit in Minuten.

	Neugeborene	1—3	4—6	7—9	9—11
Frauenmilch	201	280	282	242	273
1/2 Milch + 5% Rohrzucker	266	296	277	—	—
2/3 Milch + 5% Rohrzucker	—	320	298	255	280
Vollmilch	—	303	322	279	275

In Verhältniszahlen umgerechnet ergibt dies:

	Neugeborene	1—3	4—6	7—9	9—11
1/2 Milch	1,32	1,05	0,99	—	—
2/3 Milch	—	1,14	1,07	1,06	1,02
Vollmilch	—	1,07	1,14	1,17	1,01
Eiweißmilch	—	1,20	1,11	1,15	1,02

Auch aus den Untersuchungen Steins geht ein gewisser Zusammenhang zwischen Lebensalter und Magenentleerungszeit hervor. Allerdings wurde als Untersuchungsmethode die Salolprobe angewendet, die man aber nur mit einer gewissen Ein-

schränkung als zeitlichen Maßstab für die Magenentleerung gelten lassen kann. Beim gesunden Säugling wurde durchschnittlich nach 42 Min. der Beginn der Reaktion im Harn festgestellt. Das Maximum betrug 50 Min., das Minimum 30 Min. Einen ganz ähnlichen Durchschnittswert für den Säugling ermittelte Grshibowski. Nach einer Gabe von 2 g Jodipin als Emulsion fand er den Beginn der Jodreaktion nach durchschnittlich 39,5 Min. Auch hier war das Maximum 50 Min., das Minimum 30 Min. Bei 1—3jährigen Kindern beobachtete Stein die Eisenchloridreaktion meist nach 45,6 Min., bei 3—5jährigen nach 58,8 Min. mit den Grenzwerten 35 und 80 Min. 10jährige Kinder wiesen den Anfang der Reaktion durchschnittlich nach 72,7 Min. auf bei einer minimalen Zeit von 50 Min. und maximaler von 100 Min. Bei den Erwachsenen schwankten die Werte zwischen 30 bis 70 Min. Aus diesen Ergebnissen läßt sich aber im Gegensatz zu Demuth der Schluß ziehen, daß die Verweildauer im Magen mit zunehmendem Alter verlängert wird. Es soll nun noch kurz auf den Vergleich der zu Anfang mitgeteilten Magenentleerungszeiten des Säuglings mit den Ergebnissen der Erwachsenenuntersuchungen eingegangen werden. Es ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, die Verweildauer beim Säugling der beim Erwachsenen gegenüber zu stellen. Der Grund hierfür liegt in der Verschiedenheit bei den Voraussetzungen der Untersuchungen. Für den Säugling existieren nur Angaben über die Verweildauer seiner üblichen Nahrung (mit und ohne Zusatz von Kontrastmitteln). Wir haben also gleichzeitig Digestionszeiten vor uns. Die beim älteren Kind und beim Erwachsenen benützten Probenahrungen übten fast keine digestiven Reize aus. Es wurden hier nämlich fast ausschließlich Mondamin- oder Grießbreie mit Zusatz von Kontrastmitteln verwendet. Im übrigen wurde schon einmal darauf hingewiesen, daß die dickere Konsistenz einer Nahrung von Einfluß auf die Magenentleerungszeit ist, sodaß der beim Erwachsenen gegebenen Breinahrung von vornherein eine erhöhte Verweildauer zukommt. Aus diesen Gründen sollen hier nur Ergebnisse von Säuglingen und Erwachsenen miteinander verglichen werden, wenn eine wenigstens ähnliche Probemahlzeit gegeben wurde. Irene Buchheim untersuchte Kinder vom Ende des 1. Lebensjahres ab, die als Versuchsnahrung Apfelbrei mit einem Zusatz von Barium sulfuricum erhalten hatten. Es ist allerdings fraglich, ob nicht Apfelbrei an sich schon die Entleerungszeit verkürzt. 80% der Kinder zeigten nach 1—2 Std. völlige Magenentleerung. Die physiologische Schwankungsbreite betrug 1—3 Std. und als durchschnittliche Verweildauer kann ein Zeitraum von 2 Std. angenommen werden. Bei Erwachsenen, die ebenfalls eine Breinahrung mit Zusatz von Barium sulfuricum er-

halten hatten, ergaben sich etwas höhere Werte. Wolf beobachtete eine durchschnittliche Entleerungsdauer von 2—3 Std. und Assmann eine solche von $2\,^1/_2$—3 Std. Wenn man die Ergebnisse aller Untersuchungen zusammenfaßt, so kann man nicht behaupten, daß eine strenge Gesetzmäßigkeit in dem Verhältnis Lebensalter zur Magenentleerungszeit herrscht, oder daß die ermittelten Werte eine mit dem Alter gleichsinnig auf- oder absteigende Kurve bilden. Aber immerhin wurde durch manche Untersuchung bewiesen, daß sowohl die motorischen Funktionen des Magens ebenso wie die Resorptionsfähigkeit beim Kind fast energischer sind als beim Erwachsenen. Zum mindesten finden sich keine wesentlichen Unterschiede in der Magenentleerungszeit zwischen Versuchspersonen im kindlichen und im reifen Alter. Auch Pfannenstiel fand bei der Anstellung der Salolprobe bei Kindern des 1. Lebensjahres und bei Erwachsenen das Auftreten der Eisenchloridreaktion im Harn nach gleichen Zeiträumen, nämlich nach 40—60 Min. Es sei noch hinzugefügt, daß nach diesem Autor auch bei 27 an Verdauungsstörungen leidenden Kindern die Reaktion im Harn mit gleicher Schnelligkeit auftrat, dagegen viel längere Zeit anhielt.

Zum Schluß sollen noch die Verweilzeiten von verschiedenen im frühen Kindesalter gebräuchlichen Nahrungsmitteln, vorzüglich von Gemüsen, gebracht werden. Den hier veröffentlichten Werten liegen die ausgedehnten röntgenologischen Untersuchungen von Langer zugrunde. Als Kontrastmittel wurde Bariumsulfat verwendet. Es ergab sich auch hier ein gewisser Einfluß des Alters auf die Magenverweildauer, denn ältere Kinder zeigten im allgemeinen eine etwas frühere Entleerung als ganz junge Säuglinge, doch war auch hier keine strenge Regelmäßigkeit zu beweisen. Langer unterscheidet zwei voneinander verschiedene Typen der Magenentleerung:

1. Geradliniger Typ: Magenentleerung verläuft in gleichen Zeiten gleichmäßig fortschreitend.
2. Verzögerte Magenentleerung: In den ersten beiden Stunden kommt es zu keiner bzw. nur geringfügiger Magenentleerung.

Werden junge Mohrrüben als Nahrung gegeben, so betrug die Verweildauer 4—5 Std., bei Darbietung von Frischgemüsen trat der 2. Entleerungstypus in den Vordergrund, während bei konservierten Mohrrüben die Entleerung im 1. Typ vor sich ging. Auch Kohlrabi, Erbsen (Schoten) und Schnittbohnen zeigen die gleiche Magenverweildauer von 4—5 Std., ebenso wie Grießbrei und Kartoffelbrei. Eine erhebliche Beschleunigung der Entleerungs-

zeit wurde bei Darreichung von Spargel erzielt. Diese Verkürzung war besonders beim jungen Kind bis zu 2 Jahren festzustellen. Bei Ernährung mit Blumenkohl, Spinat und Salat ergaben sich recht beträchtliche Verzögerungen. 50% der Kinder zeigten nach 4 Std. einen bis zur Hälfte, nach 5 Std. einen bis auf ein Viertel entleerten Magen. Bei den übrigen Kindern wurden noch wesentlich größere Rückstände beobachtet. Konservenspinat wird gegenüber frischem Spinat schneller entleert. Es bestehen auch derartige Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrsspinat. Bemerkenswert ist, daß die starke Verzögerung der Entleerung nach einer Spinatmahlzeit vor allem bei Kindern unter 2 Jahren auftrat. Bei Salat- und Blumenkohlverfütterung blieb die Verzögerung auch bei älteren Kindern unverändert bestehen. Gemüse mit schneller Passagezeit war kohlehydratreicher als das Gemüse mit langsamer Entleerung. Die Art der Zubereitung war von nicht geringer Bedeutung. Püriertes Gemüse hatte durchgehend kürzere Entleerungszeiten als das nicht pürierte. Zugabe einer Mehlschwitze führte zur Beschleunigung. Die schnellste Entleerung ergab sich bei Verfütterung von püriertem Konservengemüse. Auffallend war die Beobachtung Langers, daß bei kleinen Gemüsemahlzeiten (100 ccm) eine wesentliche Verkürzung eintrat. Theile kam, wie schon erwähnt, bei seinen Untersuchungen mit Milchnahrung zu entgegengesetzten Ergebnissen.

Im 3. Teil sollen nun die ermittelten Zeitmaße der Motorik des kindlichen

Darmtraktus

gebracht werden. Wie schon bei den Funktionen des Magens soll eine Gliederung des Stoffes nach Ablaufsdauer und Frequenz der eigentlichen Darmbewegungen und dann nach der Verweildauer der Ingesta erfolgen. Ganter berichtet, daß es sehr schwierig sei die Bewegungen des Dünndarmes röntgenologisch zu erforschen, da sich der Speisebrei im Dünndarm so fein verteilt, daß er auf dem Röntgenschirm und auf der Röntgenplatte kaum darzustellen ist. Besonders schwierig ist es, das Röntgenverfahren bei Kleinkindern und vor allem bei Säuglingen anzuwenden, weil man hier eine genügend lange Durchleuchtung nicht wagen kann.

Peiper und Isbert verwendeten auch hier wieder die schon bei den Magenuntersuchungen erprobte Methode und führten in den leeren Dünndarm von Säuglingen Gummiballonsonden ein. Es ergaben sich 3 Bewegungsarten. Zunächst wurden als 1. Typ regelmäßige, steile Wellen mit einer Häufigkeit von 7—8 in der Minute beobachtet. Nach Peiper und Isbert liegt hier eine echte Peristaltik vor. Eine 2. Art war die der Pendelbewegungen.

Diese gehen in transversaler Richtung vor sich. Die Wellen sind flacher als die peristaltischen, ihre Form schwankt aber. Die Aufeinanderfolge ist bald regelmäßig — 3—4 mal in der Minute —, bald aber auch ganz unregelmäßig. Peristaltische und Pendelbewegungen waren nie gleichzeitig zu sehen. Die ersteren dienen der Weiterbeförderung des Speisebreies, während die letzteren mehr die Durchmischung vornehmen, doch kann auch durch sie flüssiger Inhalt weitertransportiert werden. Als 3. Art von Dünndarmbewegungen fanden dann Peiper und Isbert noch die Tonusschwankungen. Es waren dies langhingestreckte, flache und unregelmäßige Wellen. Ihre Erscheinungsdauer betrug mehrere Minuten. Die längste Welle hielt bis zu 10 Min. an. Die Tonusschwankungen können für längere Zeit ganz verschwinden, allein oder gleichzeitig mit den anderen Bewegungsformen auftreten. Neben all diesen beschriebenen Bewegungsarten sind länger dauernde Ruhepausen nicht selten. Ueber die Motorik des Dünndarms beim Erwachsenen liegen nur die Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchungen vor. Es wurden echte peristaltische Wellen beobachtet, über die jedoch keine zeitlichen Meßergebnisse berichtet werden. Assmann spricht dann weiter von Pendelbewegungen, die lediglich eine Knet- und Mischfunktion haben und nicht der Weiterbeförderung dienen. Nach Kästle und Brügel treten diese Pendelbewegungen 3 mal innerhalb 18 Sek. auf. Hier wäre also ein merklicher Unterschied gegenüber dem Säugling festzustellen. Es ist allerdings zu beachten, daß die Untersuchungen bei den Säuglingen am leeren Darm vorgenommen wurden, während sich die röntgenologischen Beobachtungen beim Erwachsenen auf das gefüllte Duodenum erstreckten. Im übrigen ist es auch nicht ganz sicher, ob in beiden Fällen die gleiche Bewegungsart vorlag.

Auch im Dickdarm des Säuglings wurde von Peiper und Isbert der zeitliche Ablauf der motorischen Vorgänge gemessen. Im Gegensatz zu den bei der Dünndarmuntersuchung gefundenen Ergebnissen gelang es hier den Forschern nicht, spontan auftretende Peristaltik zu finden. Es ist jedoch ziemlich wahrscheinlich, daß eine Peristaltik vorhanden ist, wenn sie auch nur in großen zeitlichen Abständen für ganz kurze Zeit festzustellen ist. Auch das Aufblasen der eingeführten Gummiballonsonden führte bei keinem Versuch zu einer spontan auftretenden Dickdarmperistaltik. Die Weiterbeförderung der Dickdarmingesta geschieht aber jedenfalls durch ganz seltene peristaltische Wellen. Ganter und Stadtmüller konnten zwar mit Hilfe der Gummiballonsonden im Dickdarm eines Erwachsenen eine spontane Peristaltik hervorrufen, doch beruht dies wahrscheinlich auf einer Uebererregbarkeit des Darmes, die durch eine Fistel hervorgerufen wurde.

Röntgenuntersuchungen über die Dickdarmmotorik des Erwachsenen stellte Holzknecht an. Nach ihm benötigt die gewöhnliche peristaltische Beförderung des Dickdarms in den 24 Std., die im allgemeinen als Verweildauer angegeben werden, nur wenige Sekunden. In der übrigen Zeit ruht der Dickdarm vollkommen. Die Beförderung selbst geht in der Weise vor sich, daß plötzlich eine lange, etwa $^1/_3$ des ganzen Dickdarmes einnehmende Kotsäule um ihre ganze Länge in den nächsten leeren, etwa ebenso langen Abschnitt verschoben wird. 3—4 solcher „großer Kotbewegungen" befördern den Inhalt durch den ganzen Dickdarm. Ihre Ablaufsdauer beträgt ungefähr 3 Sek., während ihr Auftreten in Zwischenräumen von etwa 8 Std. erfolgt. Bei dieser geringen Frequenz ist es leicht erklärlich, daß Holzknecht überhaupt nur 2 mal solche Peristaltik im Erwachsenendickdarm beobachten konnte, während dies Peiper und Isbert bei ihren Säuglingsuntersuchungen niemals gelang. Sehr wahrscheinlich liegen die zeitlichen Verhältnisse der Dickdarmmotorik beim Kleinkind ähnlich wie beim Erwachsenen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Untersuchungen an vollkommen gesunden Säuglingen war bei darmkranken Kindern in den meisten Fällen eine spontan auftretende Peristaltik festzustellen. Die durchfallkranken Säuglinge — es lag kein ruhrartiger Dickdarmkatarrh vor, sondern die dünnen, wässerigen und blutfreien Stühle entsprachen dem Dünndarmstuhl — zeigten ein allerdings nicht zu häufig wiederkehrendes Auftreten von echten peristaltischen Wellen. Manchmal erschien nur 1 Welle, manchmal aber mehrere dicht hintereinander, doch nie mehr als 3—4 in ununterbrochener Folge. Die Erscheinungsdauer der einzelnen Wellen betrug ungefähr 1 Min. Durch stärkeres Aufblasen der Gummiballons gelang es, beim darmkranken Kind willkürlich peristaltische Bewegungen hervorzurufen. Als wichtige Feststellung ergab sich ferner, daß der Ausgangspunkt der Wellen ständig sinkt. Es vermindert sich demnach allmählich der Tonus des Darmes und gleichzeitig damit vergrößert sich der Abstand der einzelnen Wellen voneinander. Ganter fand ähnliche Verhältnisse beim Erwachsenen und spricht von einem Erschöpfungsrhythmus.

Es sei nun kurz auf die einzelnen Reize eingegangen, die für das Zustandekommen der Peristaltik verantwortlich zu machen sind. Die Fähigkeit, Peristaltik anregende Reize selbständig zu bilden und die Reizbarkeit gegenüber den von außen kommenden Reizen ist geringer im Dickdarm als im Dünndarm. Das Duodenum wird deshalb rascher durchlaufen und im Dickdarm erfolgt bei dem längeren Verweilen der Ingesta ihre Eindickung. Andere Verhältnisse liegen beim Durchfall vor. Jetzt entstehen im Dickdarm

leichter peristaltische Wellen, der Darminhalt wird rascher vorwärtsgetrieben und es kann nicht mehr zur Eindickung kommen. Außer diesem Dehnungsreiz ist auch nach den Angaben von Catel und Graevenitz der chemische Reiz des Darminhaltes von Einfluß auf das Zustandekommen der Peristaltik. Zwischen Stuhlbeschaffenheit und Dickdarmmotilität bestehen wechselseitige Beziehungen. Einerseits regen säurebildende Prozesse die Dickdarmperistaltik an, andererseits verhindert die schnelle Dickdarmperistaltik eine genügende Resorption bzw. Neutralisation der entstehenden Gärungssäuren. Eine gewisse Einwirkung auf die Darmbewegungen hat natürlich auch die Art bzw. die Konsistenz der Nahrung. Im allgemeinen zeigen Dünn- und Dickdarm eine gleichsinnige Reaktion auf Säurereiz, nur ist der Dickdarm bedeutend weniger säureempfindlich. Eiweißreiche Ernährung führte zu keiner übermäßigen Beeinflussung der Peristaltik. Von einer gewissen Bedeutung für die Peristaltik war die Art der entstehenden Gärungssäuren, denn kolivergorene Kuhmagermilch bewirkte z. B. eine wahrnehmbare Erregung und somit Steigerung der Förderleistung. Außer den beschriebenen seltenen peristaltischen Bewegungen im Säuglingsdickdarm fanden sich dann noch wesentlich häufigere Tonusschwankungen und auch Pendelbewegungen. Die Tonusschwankungen, an denen jeweils nur kurze Darmabschnitte teilnehmen, kommen selbständig vor, lassen sich aber auch künstlich erzeugen. Zu unterscheiden sind die sogenannten kleinen Tonusschwankungen und dann größere Schwankungen, d. h. solche von längerer Dauer. Die erste Art ist sehr häufig. Als Ablaufsdauer einer Schwankung wurde ungefähr $^1/_2$ Min. gemessen. Manchmal wiederholen sich diese kurzen Schwankungen längere Zeit ununterbrochen, oft tritt aber auch eine Pause von mehreren Minuten auf. Die großen Tonusschwankungen halten mehrere Minuten an und können sich sogar auf den Zeitraum von $^1/_2$ Std. ausdehnen. Als 3. Bewegungsart ergab sich die der Pendelbewegungen, die sich jeweils nur auf ganz kurze Darmabschnitte von wenigen Zentimetern erstrecken. Eine Regelmäßigkeit in der zeitlichen Aufeinanderfolge ließ sich nicht feststellen. Am häufigsten traten diese Bewegungen etwa 3 mal in der Minute auf, doch folgten sie einander auch in ganz anderen zeitlichen Abständen. Die Pendelbewegungen zeigen kein Fortschreiten der Welle und unterscheiden sich deshalb klar von der echten Peristaltik. Bei Kindern mit Durchfall war keine Vermehrung der Bewegungen zu beobachten. Trotz dieser großen Zahl von beschriebenen Bewegungsvorgängen sind auch im Dickdarm Zeiten völliger Ruhe gar nicht selten. Auch bei darmkranken Säuglingen ließ sich nicht nachweisen, daß diese Ruhepausen seltener gewesen wären. Nach Peiper und

Isbert bestehen zwischen den Bewegungen des Mastdarmes und denen der höheren Darmabschnitte keine grundsätzlichen Unterschiede, es erschienen lediglich die Pendelbewegungen etwas lebhafter.

Ein besonders anschauliches Bild von den zeitlichen Verhältnissen der kindlichen Darmmotorik bietet die Betrachtung der Passagezeiten. Es liegen hier mannigfache Ergebnisse von einer Reihe von Untersuchern vor. Vor allem Kahn untersuchte eine große Anzahl von Kindern im Alter von 1—16 Monaten. Er fand, daß die Dauer der Passage durch den gesamten Darmtraktus im Durchschnitt 15 Std. beträgt. Es ließen sich aber auch extreme Werte von 4—20 Std. ermitteln. Eine Passagezeit unter 10 Std. war allerdings nur in ganz wenigen Fällen festzustellen. Thiemich gibt Zeiten zwischen 12 und 36 Std. an, Pèteri solche von 22—30 Std. Bei Lesage finden wir eine mittlere Entleerungszeit von 18—20 Std. angegeben. Izumita und Kuriyama stellten eine Durchschnittsverweildauer von 20 $^1/_2$ Std. bzw. von 20 Std. fest, wobei der letztere zu recht auffälligen Grenzwerten von 6—50 Std. kam. Zu beachten ist, daß die Kahnschen Werte „Minimalzeiten" bedeuten, denn sie geben an, nach wieviel Stunden mitverfüttertes Karmintierkohlepulver erstmalig im Stuhl erscheint. Es ergeben sich deshalb wesentlich längere Zeiten, wenn der Zeitpunkt abgewartet werden soll, bei dem die letzten Kotreste von der vorhergegangenen Probemahlzeit abgegangen sind. Im übrigen hat die Bestimmung der Passagedauer durch Substanzen, die den Stuhl färben, die große Fehlerquelle des Liegenbleibens der gefärbten Ingesta an irgendeiner Stelle des Darmkanals. Die kürzeste Verweildauer im Darm wies die physiologische Normalnahrung des Säuglings, die Muttermilch, auf. Künstliche Ernährung führte zu einer weitgehenden Verzögerung. Dies erhellt aus einer Zusammenstellung von Brock:

	Variationsbreite Zeit in Stunden	Durchschnitt
Brustmilch	4—28	13
Zwiemilch	4—23	14,5
Künstliche Ernährung	5—48	16
Gemüse	—	15

Die künstliche Ernährung zeigt also nicht nur die extremsten Grenzwerte, sondern auch die längste mittlere Verweildauer. Auch die folgende Tabelle Brocks beweist die Ueberlegenheit der arteigenen Milch gegenüber allen anderen künstlichen Milchmischungen.

Verabreichung des Färbemittels	Dauer der Darmpassage in Stunden kürzeste	längste
Brustkinder	4	28
Flaschenkinder	5,5	48

Der Unterschied in der Gesamtpassagezeit bei an der mütterlichen Brust ernährten Säuglingen und Kindern, die mit der Flasche gefüttert wurden, beruht wahrscheinlich auf dem unterschiedlichen Verhalten während der Dickdarmpassage. Bei Frauenmilchnahrung geht der Transport durch den Dickdarm rascher vor sich als bei Darbietung von Kuhmilchgemischen. Dafür spricht der verschiedene Stuhlcharakter. Bei Brustkindern finden wir in der Regel täglich 3—5 dünnbreiig zerfahrene Stühle, während beim Flaschenkind 1—3 dickbreiige Entleerungen stattfinden. Einen Grund für die raschere Beförderung des Frauenmilchstuhls im Dickdarm bildet sein stärker saurer Charakter, da, wie schon erwähnt, säurebildende Prozesse die Peristaltik anregen. Von Interesse ist, daß die Verweildauer von den verschiedenen Tageszeiten abhängig ist, fand doch z. B. Kahn regelmäßig eine besonders kurze Passagezeit in den Morgenstunden:

Verabreichung des Färbemittels um:	Dauer der Passagezeit in Stunden kürzeste	längste
5 Uhr morgens	4	24
1 Uhr mittags	6,5	48
9 Uhr abends	9	38

Eine Reihe von Autoren beschäftigt sich auch mit der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Lebensalter und Darmpassagezeit. Kahn bestreitet irgend einen Alterseinfluß auf die Verweildauer der Ingesta im Darm und beweist dies durch die folgenden Untersuchungsergebnisse:

Alter in Monaten	Dauer in Stunden:
1,5	7
2	7—15
3	6—16
6	11—20
7	4—12,5
8	11—17,5
12	6—12
16	10

Verschiedene Untersucher sind jedoch anderer Ansicht; so beobachteten z. B. Lesué, Binet und Paulin eine merkliche Verlängerung der Passagezeit mit zunehmenden Lebensmonaten. Nach ihrer Ansicht erhöht sich die Verweildauer vom 1.—3. Monat bis zu 1—2 Jahren um $1\,^1/_2$ Std. bzw. um 2 Std. 50 Min. Beim Säugling, der mit Muttermilch ernährt wurde, sollen sich dann noch jeweils kürzere Zeiten als beim Flaschenkind ergeben. Aus der Gegenüberstellung der Säuglings- und Erwachsenenwerte lassen sich auch nicht ohne weiteres Schlüsse auf bestimmte regelmäßige Altersgegebenheiten ziehen, da eben die verfütterte Nahrung zu verschieden ist. Die Gesamtpassagezeit beim Säugling beträgt, wie schon erwähnt, 4—20 Std., beim Erwachsenen 12—40 Std. Im übrigen ließ sich feststellen, daß der Unterschied in den Passagezeiten der Kleinkinder und Erwachsenen hauptsächlich auf dem schnelleren Durchlaufen des Dickdarms bei Säuglingen beruht, denn die Dünndarmpassage dauert bei Säuglingen und Erwachsenen annähernd gleich lang. Es soll deshalb noch kurz auf die Verweildauer der Ingesta in den einzelnen Abschnitten des gesamten Darmtraktus eingegangen werden. Zunächst seien hier die zeitlichen Messungsergebnisse bei der Dünndarmpassage angegeben. Vogt beobachtete an gesunden Neugeborenen bei Zugabe von Citobaryum als Kontrastmittel eine mittlere Entleerungszeit von $1\,^1/_2$—3 Std. Als Maximum wurde 3 Std. 15 Min. gemessen. Bei Muttermilchernährung war der Dünndarm durchwegs nach spätestens 3 Std. frei von Ingesta, während bei künstlicher Ernährung nach dieser Zeit noch erhebliche Rückstände anzutreffen waren. Bei älteren Säuglingen jenseits der Neugeborenenperiode war die Dünndarmpassage nach frühestens 2 Std. und spätestens 8 Std. erfolgt. Es zeigten sich starke individuelle Schwankungen von 2—6—8 Std. Bei japanischen Säuglingen stellte Izumita eine durchschnittliche Dünndarmverweildauer von 6 Std. fest mit Grenzwerten von 4—7 Std. Nach den Beobachtungen Kahns tritt die erste Entleerung des Dünndarms beim Säugling 3—5 Std. post coenam auf, die Passage ist nach 7—8 Std. bei einem Mittelwert von $7\,^1/_2$ Std. beendet. Irene Buchheim teilt nach Untersuchungen bei Kindern im Alter von $1\,^1/_4$—14 Jahren folgende Entleerungszeiten des Dünndarms mit: 1—2 Std. für den Beginn und 2—4 Std. für die Beendigung. 4—6 Std. ergaben sich als seltene obere Grenze. Die durchschnittliche Verweildauer betrug 2 Std. nach einer physiologischen Schwankungsbreite von 1—3 Std. Diese kürzeren Zeiten gegenüber Kahn und Izumita sind wohl darauf zurückzuführen, daß von dieser Autorin Apfelbrei als Probemahlzeit gegeben wurde, dem an sich schon eine kürzere Verweildauer zukommt. Im Anschluß an die Dünndarmpassage verweilen die

Ingesta, wie aus den Säuglingsuntersuchungen Izumitas hervorgeht, durchschnittlich 2 Std. in der Iliocoecalgegend. Die Aufenthaltsdauer der Ingesta im Dickdarm beträgt bei Neugeborenen 2—4 Std. Als Durchschnittswert gibt Vogt 3 Std. an. Bei Säuglingen jenseits der Neugeborenenperiode beobachtete Kahn eine große individuelle Schwankungsbreite von 2—14 Std. Izumita erhielt Werte von 11—17 Std., in der Mehrzahl der Fälle betrug die Verweildauer 11 Std. Izumitas Durchschnittswerte sind etwas höher als die Kahns. Auch auf die Passagezeiten in den einzelnen Darmabschnitten, wie Dünndarm oder Dickdarm, konnte der japanische Autor keine Alterseinflüsse bemerken. Es ergeben sich jedenfalls, ähnlich wie beim Magen, große individuelle Verschiedenheiten in den Entleerungszeiten des kindlichen Darmes. Becker weist darauf hin, daß auch beim gesunden Säugling die normale Passagedauer recht häufig unterschritten wird, ohne daß irgend ein pathologischer Zustand gegeben ist. Rieder, Groedel, Fleiner, Wieser und Assmann untersuchten die Darmpassagezeiten an Erwachsenen und zwar getrennt nach der Verweildauer in den einzelnen Abschnitten. Nach 6—8—9 Std. fanden sich im Dünndarm bei der röntgenologischen Beobachtung keinerlei Schatten mehr und die Passage mußte dementsprechend als beendigt angesehen werden. David kommt zu etwas kürzeren Zeitmaßen von 4—6½ Std. Es lassen sich also im allgemeinen keine außergewöhnlichen Unterschiede in der Dünndarmpassagezeit beim älteren Säugling, dem jungen Kind und dem Erwachsenen feststellen. Dagegen ist die Dickdarmverweildauer bei Erwachsenen merklich verlängert, denn eine Entleerung war im allgemeinen frühestens nach 11 Std. zu beobachten, während doch diese Zeit beim Säugling einen Durchschnittswert bedeutet. Von Interesse sind noch die Ergebnisse Kahns bei der Untersuchung von Frühgeborenen. Die Durchschnittsdauer der Darmpassage erschien abgekürzt. Es fand sich hier ein mittlerer Wert von 10—12 Std., während beim reifgeborenen Säugling eine Verweildauer von 15 Std. die Regel war. Im allgemeinen zeigten die frühgeborenen Kinder eine gleichmäßigere Dauer gegenüber den rechtzeitig geborenen Säuglingen. Es ergaben sich weder so große Differenzen von Fall zu Fall, noch war die Tageszeit von größerem Einfluß. Auch bei den Frühgeborenen konnte Kahn keinen Alterseinfluß bemerken, was aus der folgenden Aufstellung hervorgeht:

Alter	Passagezeit in Stunden
2 Tage	$8\frac{1}{4}$
14 „	10
18 „	10
$1\frac{1}{2}$ Monate	$8\frac{1}{2}$—18
3 „	6 —$18\frac{3}{4}$
5 „	6

Bei dyspeptischen Kindern soll nach den Angaben Kahns eine starke Verkürzung der Passagezeiten in allen Darmabschnitten eintreten. Er beobachtete in diesen Fällen die Entleerung des Dünndarmes meist schon nach $3\frac{1}{2}$ Std., während er bei gesunden Kindern eine Verweildauer zwischen 7 und 8 Std. fand. Bei der Dickdarmpassage ergab sich eine Verkürzung auf 2—5 Std. gegenüber den physiologischen Werten von 2—14 Std.

Es sollen nun noch kurz die verschiedenen Momente erwähnt werden, die die Darmentleerungszeiten zu beeinflussen vermögen. Die normale Dünndarmentleerung hängt weitgehend ab von dem normalen Funktionieren der Magenmotilität. Bessau, Rosenbaum und Leichtentritt weisen darauf hin, daß eine normale Dünndarmentleerung unmöglich wird, wenn der Dünndarm das zu verarbeitende Material in verzettelter Weise erhält. Es versteht sich von selbst, daß die Art und die Zubereitung der gegebenen Probenahrungen von nicht geringer Bedeutung ist. Rasor beobachtete eine Verkürzung der Entleerungszeiten in spezifischer Weise durch Milchzuckerzusätze. Wahrscheinlich liegt hier eine physiologische Reizwirkung auf die Dünndarmperistaltik vor. Es zeigte sich, daß Milchzuckerbreie um durchschnittlich 3 Std. früher im Dickdarm erschienen als Rohrzuckerbreie. Auch der Stuhl erschien eher. Eine sich durch Alterseinflüsse ergebende Veränderung war nicht zu beobachten. Als Momente, die die Magen- und Dünndarmentleerung merklich verzögern, nennen Bessau, Rosenbaum und Leichtentritt Infektionen, Ueberhitzung und konstitutionelle Minderwertigkeit. Der Grund für diese Verzögerungen beruht auf der Entstehung von pathologischen Gärungen. Es seien nun noch zum Schluß die Passagezeiten von einigen im Kindesalter häufig gegebenen Nahrungen, vor allem von Gemüse, berichtet. Langer stellte hier ausgedehnte Untersuchungen an. Genau so wie bei der Magenverweildauer zeigt Spinat eine erhöhte Aufenthaltsdauer sowohl im Dünn- als auch im Dickdarm. Nach Verfütterung von frischem Spinat zeigte sich vor allem beim jungen Säugling eine eindeutig ver-

längerte Passagezeit und zwar im Dünndarm, während die älteren Kinder eine annähernde Uebereinstimmung mit den Verweilzeiten anderer Gemüsearten aufwiesen. Spargel, Kohlrabi, Blumenkohl, Erbsen, Mohrrüben und Bohnen unterschieden sich hinsichtlich der Passagezeit nicht wesentlich voneinander und ergaben die gleiche Verweildauer wie Grieß- und Kartoffelbrei. In der Regel erschienen nach 3 Std. Ingesta im Colon ascendens. Die schnellste Passage erfolgte bei Grießbrei, Erbsen und Bohnen. In der Dickdarmpassage waren die Differenzen in den Entleerungszeiten bei Verfütterung der oben angegebenen Gemüsearten noch geringer als im Dünndarm. Konservenmahlzeiten führten mit großer Regelmäßigkeit in allen Altersklassen zu einer Beschleunigung in der Entleerung.

Aus den angeführten zeitlichen Ergebnissen in der Magen- und Darmmotilität geht einwandfrei hervor, wie wichtig für den Säugling die Festlegung einer ganz bestimmten Anzahl von täglichen Mahlzeiten ist. Zwischen den einzelnen Nahrungsaufnahmen sind möglichst lange Pausen einzuschalten, um das Auftreten pathologischer Gärungsvorgänge zu verhindern. Es ist also vor jeder Ueberfütterung des Säuglings zu warnen, da diese zu einer pathologischen Verlängerung der Verdauungsphasen führt und so ernste Verdauungsstörungen hervorruft.

Zusammenfassung.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit war die Zusammenstellung der von den einzelnen Untersuchern ermittelten Ergebnisse über das Zeitmaß physiologischer Vorgänge in verschiedenen kindlichen Altersstufen. Es wurde dazu das gerade für den Säugling so wichtige Organsystem des Verdauungstraktes gewählt. Ungünstig war es allerdings, daß manchmal nur die Ergebnisse bei Neugeborenen bzw. Säuglingen und bei Erwachsenen gegenüber gestellt werden konnten und somit nur der Lebensanfang und dann gleich sein Höhepunkt erfaßt wurde, während auf die zeitlichen Verhältnisse in den Stadien des Heranwachsens und der Entwicklung verzichtet werden mußte. Beim Vergleich mit den Erwachsenenwerten ergaben sich zum Teil merkliche Unterschiede, wie dies z. B. bei den Passagezeiten durch den Dickdarm der Fall war, zum größten Teil aber eine weitgehende Uebereinstimmung. Auf keinen Fall kann man behaupten, daß der Verdauungstrakt im frühen Kindesalter im Vergleich zum Erwachsenen irgend eine Minderwertigkeit zeigt, ja es schien sogar häufig, als ob die motorischen Leistungen des Kindes wesentlich größer seien als die des Erwachsenen. Wenn auch vielleicht das Darmsystem des Neugeborenen bzw. des Säuglings wesentlich empfindlicher ist gegen infektiöse und alimentäre Schädigungen als das des Erwachsenen, so muß man aber doch darauf hinweisen, daß die normale physiologische Ernährung des Kleinkindes, wie sie die Muttermilch darstellt, wohl in der Lage ist, solche Beeinträchtigungen weitgehendst zu verhindern. Es wird so nach der Klarstellung des zeitlichen Ablaufs physiologischer Funktionen leichter möglich sein, sich ein Bild über das Zeitmaß der pathologischen Vorgänge zu machen. Verschiedentlich wurden auch innerhalb dieser Arbeit die schon ermittelten pathologischen Veränderungen erwähnt.

Zum Schluß möchte ich Herrn Geheimen Medizinalrat, Prof. Dr. med. Friedrich Jamin für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Förderung, die er ihr entgegengebracht hat, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis:

Assmann: Klinische Röntgendiagnostik der inneren Krankheiten.

Bessau, Rosenbaum und Leichtentritt: Zur Pathogenese der akuten alimentären Ernährungsstörungen. II. Mitteilung: Nahrung und Magenverweildauer. Jahrbuch für Kinderheilkunde 95/123/1921.

Brock: Biologische Daten für den Kinderarzt.

Buchheim: Zur Röntgenologie des Magendarmkanals beim Kind jenseits des 1. Lebensjahres. Arch. für Kinderheilkunde 72/100/1923.

Catel und Graevenitz: Ueber den Einfluß von flüchtigen Fettsäuren und Milchsäure, sowie von enterokokken- und kolivergorener Kuhmagermilch auf den Tierdarm. Jahrbuch für Kinderheilkunde 59/249/1925.

Czerny und Keller: Des Kindes Ernährung.

Demuth: Magenmotilität-Acidität bei gesunden und kranken Säuglingen. Zeitschrift für Kinderheilkunde 40/46/1926.

Ganter und Stattmüller: Studien am menschlichen Darm. Zeitschrift f. d. ges. experiment. Medizin 42/143/1924.

Gundobin: Die Besonderheiten des Kindesalters.

Helmreich: Physiologie des Kindesalters.

Hess: Ueber Frauenmilchernährung an der Brust und aus der Flasche. Zeitschrift für Kinderheilkunde 19/1/1919.

Izumita: Ueber die Entleerungszeit des Mageninhalts bei dem gesunden japanischen Säugling. Jahrb. f. Kinderhkde. 128/108/1930.

Kahn: Ueber die Dauer der Darmpassage im Säuglingsalter. Zeitschrift für Kinderheilkunde 29/321/1921.

„ : Weitere Mitteilungen über die Dauer der Darmpassage im Säuglingsalter. Zeitschrift für Kinderheilkde. 33/48/1922.

Krüger: Aufenthaltsdauer der Nahrung im Säuglingsmagen. Mon.-Schr. für Kinderheilkunde 21/257/1921.

Landois-Rosemann: Lehrbuch der Physiologie.

Langer: Untersuchungen zur Verdauungsphysiologie der in der Kinderkost verwendeten Gemüsearten. Zeitschrift für Kinderheilkunde 52/465/1932.

Major: Röntgenologische Beobachtungen am Säuglingsmagen. Zeitschrift für Kinderheilkunde 8/340/1913.

Peiper und Isbert: Bewegungen des Magen-Darmkanals im Säuglingsalter. I. Der Magen. Jahrbuch für Kinderheilkunde 69/291/1928.

„ „ : Bewegungen des Magen-Darmkanals im Säuglingsalter. II. Die Speiseröhre. Jahrb. f. Kinderheilkde. 70/48/1928.

„ „ : Bewegungen des Magen-Darmkanals im Säuglingsalter. III. Der Dünndarm. Jahrb. f. Kinderheilkde. 70/306/1928.

„ „ : Bewegungen des Magen-Darmkanals im Säuglingsalter. IV. Der Dickdarm. Jahrb. f. Kinderheilkde. 70/312/1928.

Pfaundler und Schloßmann: Handbuch der Kinderheilkunde.
Rasor: Ueber den Einfluß des Milchzuckers auf die Dünndarmperistaltik. Jahrbuch für Kinderheilkunde 96/1/1921.
Theile: Zur Radiologie des Säuglingsmagens. Zeitschrift für Kinderheilkunde 15/152/1917.
„ : Ueber die Herstellung bestimmter Aciditätswerte im Säuglingsmagen und deren Einfluß auf die Magenentleerung. Zeitschrift für Kinderheilkunde 15/318/1917.
Tobler: Milchverdauung im Magen. Ergebnisse der inneren Med. u. Kinderheilkde. I/1908.
Trendelenburg: Handbuch der normalen und patholog. Physiologie.
Uffenheimer: Physiologie des Magen-Darmkanals beim Säugling und älteren Kind. Ergebnisse der inneren Med. u. Kinderheilkde. II/1908.
Vogt: Zur Röntgendiagnostik des Magen-Darmkanals der Neugeborenen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen. 28/287/1921-22.
Weitz und Vollers: Studien über die Magenbewegungen. Zeitschrift f. d. ges. experiment. Medizin, 47/42/1925.
„ „ : Ueber die peristaltischen Bewegungen des Oesophagus. Zeitschrift f. d. ges. experimentelle Medizin. 48/185/1926.
„ „ : Ueber rhythmische Kontraktionen der glatten Muskulatur an verschiedenen Organen. Zeitschrift f. d. ges. experiment. Medizin. 52/723/1926.

Lebenslauf.

Am 15. April 1914 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Friedrich Backens und seiner Ehefrau Katharina, geb. Christ, zu Nürnberg geboren. Ich besuchte die Volksschule in Nürnberg und München und dann die hum. Gymnasien zu München, Nürnberg und Fürth (Bay.), woselbst ich Ostern 1934 die Reifeprüfung ablegte. Nach einjähriger freiwilliger Dienstzeit im Arbeitsdienst immatrikulierte ich mich im S. S. 1935 an der Universität Erlangen für das Studium der Medizin. Dort legte ich auch den I. und II. Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung ab. Während meines klinischen Studiums war ich an den Universitäten Erlangen, Frankfurt a. M. und im I. Kriegstrimester 1939 kurze Zeit an der Universität München immatrikuliert. Das medizinische Staatsexamen legte ich im S. S. 1940 an der Universität Erlangen ab.